

УДК 621.372.852.1

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТОЙ МИКРОПОЛОСКОВОГО НАПРАВЛЕННОГО ФИЛЬТРА

К. т. н. Э. Н. Глушеченко

Научно-производственное предприятие «Сатурн»
Украина, г. Киев
gen-nto@ukr.net

На основании анализа базовой топологии и структурной схемы микрополосковых направленных фильтров был обоснован и предложен принцип управления их рабочей частотой.

Ключевые слова: фильтр, микрополосковая линия передачи, ответвитель, резонатор.

Для всех СВЧ-фильтров, вне зависимости от технологии исполнения (волноводные, коаксиальные или полосковые), всегда была необходимой возможность перестройки рабочей частоты. У волноводных и коаксиальных фильтров такая возможность в принципе существует [1], хотя при этом и возникают проблемы с их технологической реализацией. А вот у наиболее известных из применяемых фильтров на основе микрополосковых линий передачи (МПЛ) такая возможность практически отсутствует.

Так, для шлейфных фильтров вполне реально механически изменять длину одиночных резонансных шлейфов. Но невозможно одновременно и синхронно изменять электрическую длину двух и более МПЛ-шлейфов. А для фильтров на связанных МПЛ это даже теоретически исключено. Поэтому реализация СВЧ-фильтра на основе МПЛ с изменяемой частотой не может не вызывать интерес.

СВЧ-фильтром с изменяемой частотой является микрополосковый направленный фильтр бегущей волны (МНФБВ), структурная схема и базовая топология которого приведены на рис.1. Такое качество МНФБВ [2] является следствием его принципиальных отличительных особенностей.

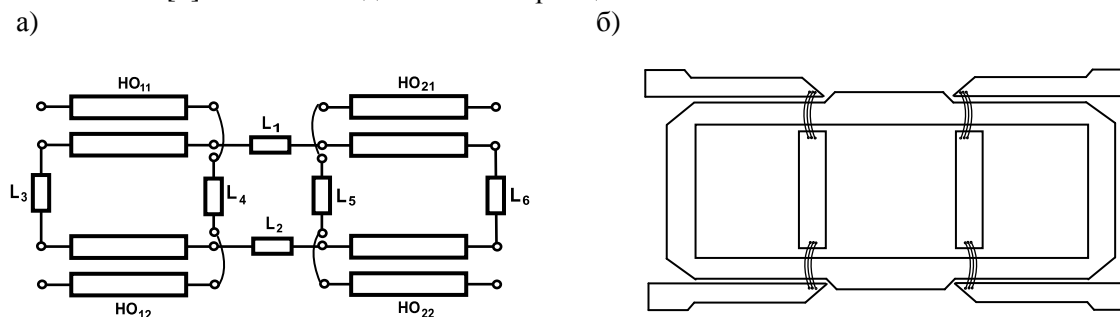


Рис.1. Структурная схема (а) и базовая топология (б) микрополоскового направленного фильтра бегущей волны

Как видно из рис. 1, МНФБВ, в отличие от шлейфных фильтров и фильтров на связанных МПЛ, имеет только один резонансный элемент — это резонатор в виде замкнутого кольца, по которому распространяется СВЧ-сигнал в режиме бегущей волны. Поэтому если изменить электрическую длину ℓ_k резонансного кольца, то изменится и резонансная частота F_p МНФБВ — при увеличении длины ℓ_k частота F_p понижается, а при уменьшении длины ℓ_k — повышается.

Согласно [2], МНФБВ образован двумя модифицированными составными направленными ответвителями (НО) с переходным ослаблением 3 дБ типа «тандем», вторичные каналы которых двумя четвертьволновыми отрезками МПЛ объединены в замкнутое резонансное кольцо. Очевидно, что из-

менять топологию НО типа «тандем» недопустимо во избежание нарушения режима бегущей волны. Поэтому изменение резонансной частоты МНФБВ возможно только за счет изменения электрической длины четвертьволновых отрезков МПЛ, с помощью которых образовано резонансное кольцо с режимом бегущей волны.

Известно [3], что длина четвертьволнового отрезка регулярной МПЛ определяется следующим выражением:

$$L_1 = \lambda_0 / 4K_y,$$

где $L_1(L_2)$ — четвертьволновый отрезок МПЛ, λ_0 — длина волны на заданной (фиксированной) частоте, K_y — коэффициент укорочения, являющийся функцией ширины W_i регулярной МПЛ.

Величина W_i однозначно [3] определяется волновым сопротивлением регулярной МПЛ Z_i .

Следовательно, при фиксированной длине МПЛ изменением значения $K_y = f(Z_i)$ можно изменить ее электрическую длину.

Согласно [2], отрезок L_1 имеет нормированное волновое сопротивление $Z_0 = 50$ Ом. Если в разрыв этого отрезка встроить элемент, у которого волновое сопротивление $Z_i \neq Z_0$, то электрическая длина отрезка L_1 изменится (схема такого соединения представлена на рис. 2). При этом соответственно изменится электрическая длина кольцевого резонатора, что приведет к изменению резонансной частоты МНФБВ.

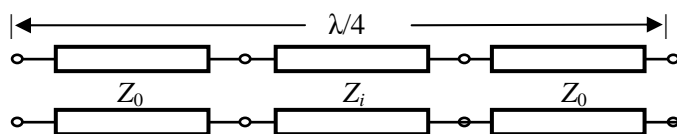


Рис.2. Схема четвертьволнового отрезка МПЛ с изменяемым волновым сопротивлением

Следует отметить, что если $Z_i > Z_0$, то встраиваемый элемент эквивалентен СВЧ-индуктивности. А в случае, когда $Z_i < Z_0$, это эквивалентно СВЧ-емкости.

Проведенный анализ позволил сформировать методику изменения рабочей частоты направленного фильтра. Очевидно, что для подстройки частоты реального МНФБВ в разрыв отрезка L_1 можно встраивать СВЧ-емкость, ширина которой совпадает с шириной МПЛ с $Z_0 = 50$ Ом.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Перфилов А. А. Методы формирования алгоритмов для расчета перестраиваемых коаксиальных полосовых фильтров СВЧ// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2012.— № 6.— С. 21—24.
2. Глушеченко Э. Н. Особенности реализации микрополосковых устройств с кольцевыми резонаторами бегущей волны // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2012.— № 6.— С.11—15.
3. Малорацкий Л.Г. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ.— Москва: Сов. радио, 1976.

Е. N. Glushechenko

Principles of controlling the resonant frequency of the microstrip directional filter.

The author offers a control principle for operating frequency of microstrip directional filters, based on the analysis of their basic topology and block diagram.

Keywords: *filter, microstrip transmission line, coupler, resonator.*